

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Специализация Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Реконструкция релейной защиты линии 220 кВ подстанции "Томская-500" – подстанция "Восточная" Томской энергосистемы

УДК 621.316.925.1.

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А7А	Давыдов Михаил Сергеевич		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Юдин С. М.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Киселева Е.С.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Черемискина М.С.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		

Результаты освоения ООП

Код	Результат освоения ООП	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
P1	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики и электротехники</i>	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> , АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P2	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики и электротехники</i> .	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> , АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> , АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> , АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> , АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> , АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P7	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>электрических устройств, объектов и систем</i> .	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> , АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов 40.011, Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам
P8	Уметь формулировать задачи в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> , АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов 40.011, Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам
P9	Уметь проектировать <i>электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты</i> .	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> , АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов 40.011, Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам
P10	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>электрооборудования, объектов и систем</i>	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> , АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> ,

Код	Результат освоения ООП	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
	<i>электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы.</i>	требования профессиональных стандартов 20.003, Работник по эксплуатации оборудования релейной защиты и противоаварийной автоматики гидроэлектростанций/гидроаккумулирующих электростанций
Р11	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> , АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов 20.003, Работник по эксплуатации оборудования релейной защиты и противоаварийной автоматики гидроэлектростанций/гидроаккумулирующих электростанций 40.011, Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам
Р12	Иметь практические знания принципов и технологий <i>электроэнергетической и электротехнической</i> отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> , АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов 20.003, Работник по эксплуатации оборудования релейной защиты и противоаварийной автоматики гидроэлектростанций/гидроаккумулирующих электростанций

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетике

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение Электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

В.В. Шестакова

«___» _____ 2021 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5A7A	Давыдову Михаилу Сергеевичу

Тема работы:

Реконструкция релейной защиты линии 220 кВ подстанции "Томская-500" – подстанция "Восточная" Томской энергосистемы	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	29.01.2021 29-61/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2021
--	-------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. Д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. Д.).</i>	1.База данных ПК АРМ СРЗА Томской энергосистемы. 2.Исследуемая линия – линия 220 кВ ПС Томская – ПС Восточная
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1.Краткая характеристика защищаемого объекта 2.Выбор и обоснование видов и состава РЗ ЛЭП 3.Выбор и обоснование аппаратных средств РЗ 4.Определение электрических величин для расчета выбранных РЗ с помощью ПВК «АРМ СРЗА» 5.Расчет параметров настроек и чувствительности РЗ
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Принципиальная схема электрических соединений объектов первой и второй периферии

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Киселева Елена Станиславовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2021
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Юдин С. М.	к.т.н., доцент		10.02.21

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A7A	Давыдов Михаил Сергеевич		10.02.21

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5A7A	Давыдову Михаилу Сергеевичу

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение школы (НОЦ)	Отделение электроэнергетики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Затраты на специальное оборудование, а также стоимость материальных ресурсов учитываются в соответствии со среднерыночным уровнем цен г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	30% премии; 20% надбавки; 20% накладные расходы; 30% районный коэффициент.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений НИ; SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - составление плана работ; - определение трудоемкости работ; - Построение план-графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - амортизационные отчисления; - заработная плата; - дополнительная заработная плата участников; - накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение эффективности проекта (оценка результатов)

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
2. Матрица SWOT-анализа
3. Календарный план-график проведения НИИ
4. Расчет бюджета затрат НИИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОГН ШБИП	Киселева Елена Станиславовна	к.э.н.		01.04.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A7A	Давыдов Михаил Сергеевич		01.04.2021

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования: бакалавр

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Период выполнения: осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2021
--	-------------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.02.21	Описание исследуемого объекта	20
01.03.21	Расчет дистанционной защиты	10
01.04.21	Расчет ступенчатой токовой защиты	10
01.05.21	Расчет ступенчатой токовой защиты нулевой последовательности	20
26.05.21	Графическая работа	20
05.05.21	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	10
10.05.21	Социальная ответственность	10
		100

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Юдин С.М.	к.т.н., доцент		10.02.21

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		10.02.21

РЕФЕРАТ

Данная работа содержит 75 страниц, 6 рисунков, 12 таблиц, 18 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: релейная защита, трансформатор тока, трансформатор напряжения, короткое замыкание, чувствительность, уставка.

Объектом исследования является релейная защита линии Томская – Восточная 220 кВ Томской электроэнергетической системы. Цель работы – проектирование релейной защиты линии Томская – Восточная 220 кВ.

В результате проведенных расчетов нами были получены значения уставок срабатывания релейной защиты, также была произведена проверка этих значений путем оценки чувствительности.

Область применения: при модернизации устройств РЗ на подстанциях могут быть взяты за основу результаты данной работы.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в выборе уставок релейной защиты, обеспечивающих правильную работу устройств РЗ.

Обозначения и сокращения

АПВ	автоматическое повторное включение
ДЗ	дистанционная защита
ИО	измерительный орган
КЗ	короткое замыкание
ЛЭП	линия электропередачи
МТЗ	максимальная токовая защита
НПП	научно-производственное предприятие
ПВК	программно-вычислительный комплекс
ППБ	правила пожарной безопасности
ПС	подстанция
ПУЭ	правила устройства электроустановок
РЗ	релейная защита
СанПиН	санитарные правила и нормы
СТЗНП	ступенчатая токовая защита нулевой последовательности
ТН	трансформатор напряжения
ТО	токовая отсечка
ТТ	трансформатор тока
ТЭЦ	теплоэлектроцентраль
УРОВ	устройство резервирования при отказе выключателя
ЭЭС	электроэнергетическая система.

Оглавление

№	Стр.
Реферат	11
Обозначения и сокращения	12
Нормативные ссылки	13
Введение	15
1 Анализ исходных данных и принятие предварительных решений	17
1.1 Характеристика защищаемого объекта	17
1.2 Выбор и обоснование устанавливаемых защит	17
1.3 Выбор аппаратной реализации релейной защиты	18
1.4 Выбор устройств релейной защиты	18
1.5 Выбор измерительных трансформаторов	19
2 Расчет параметров релейной защиты	21
2.1 Дистанционная защита	21
2.2 Токовая ступенчатая защита нулевой последовательности	32
2.3 Токовая ступенчатая защита	37
3 Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность	43
3.1 Анализ конкурентоспособности	43
3.2 SWOT – анализ	45
3.3 Планирование научно-технического исследования	47
3.4 Определение трудоемкости выполнения работ	48
3.5 Разработка графика проведения научного исследования	48
3.6 Определение бюджета проекта	51
3.7 Ресурсоэффективность	58
4 Социальная ответственность	61
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	61
4.2 Экологическая безопасность	70
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	70
4.4 Заключение	71
Заключение	72
Список использованных источников	73
Приложения	75

Введение

Электроэнергетическая сеть — это цепочка, состоящая из нескольких звеньев, где есть потребитель, средства доставки электроэнергии и источник электроэнергии в виде генератора на электростанции. Вся эта система требует постоянное обслуживание, контроль и корректирование каких-то моментов, которые могут вызвать сбои в работе этой системы.

Электроэнергия, получаемая потребителями, должна соответствовать стандартам качества, то есть значения напряжения, частоты и формы сигнала не должны отклоняться от допустимой погрешности. В этой связи возникает необходимость в создании и установке оборудования, которое будет способно «следить» за этими параметрами, в противном случае, возникновение ненормального режима, который может привести к повреждению оборудования и электроприборов потребителей, не избежать.

То есть, необходимо поддерживать нормальный режим работы системы и не допускать возникновения нештатных ситуаций, чтобы потом не бороться с последствиями этой ситуации.

Чтобы система работала стабильно и нормально, все неисправности и ненормальные режимы необходимо выявлять максимально быстро, чтобы локальная проблема не вызывала проблем в работе периферийного оборудования энергосистемы, благодаря такому подходу у нас есть возможность относительно быстро восстановить прежний режим работы, чтобы потребители продолжали получать электроэнергию, которая отвечает всем стандартам качества. В этой связи в области электроэнергетики возникает необходимость в создании и применении специальных устройств автоматики, способные защитить энергосистему от возникновения ненормальных режимов работы.

Наиболее распространенное устройство автоматики, которое участвует в защите электрооборудования от резких изменений, это релейная защита, у которой есть определенные уставки срабатывания, превышение которых, означает ненормальный режим.

Релейная защита является совокупностью устройств, которые контролируют элементы энергетической системы и дают обратную связь в случае внезапного появления внештатных состояний энергетической системы. Релейная защита уведомляет персонал о повреждении либо самостоятельно отключает оборудование, в большей степени это зависит от характера повреждения, после срабатывания защиты или отключения линии персонал принимает решение как поступить.

Релейная защита должна соответствовать ряду требований, а именно: надежность, способность к резервированию, чувствительность, селективность и быстродействие. Помимо этого при проектировании и выборе устройств защиты необходимо учитывать следующие факторы:

- если функционирование энергосистемы подразумевает наличие режимов, возникновение которых маловероятно, до для их устранения допускается не устанавливать защиту, дабы не усложнять систему;
- любую защиту целесообразно устанавливать с учетом того, насколько это выгодно с финансовой точки зрения, то есть необходимо учитывать стоимость самого оборудования, осуществляющего защиту, стоимость эксплуатации на период работы защиты и возможный ущерб, который может нанести защита, если по каким-то причинам она не сработает.

Целью данной работы является проектирование релейной защиты ПС «Томская 220 кВ» Томской энергосистемы.

Для достижения поставленной цели и сокращения объема расчетов вручную, которые очень объемны и которые отнимут много времени, выполнение данной работы будет основано на использовании программно-вычислительного комплекса «АРМ СРЗА».

1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ПРИНЯТИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ

1.1 Характеристика защищаемого объекта

Защищаемый объект представляет линию электропередачи между подстанциями Томская и Восточная напряжением 220 кВ, принадлежащие к Томской энергосистеме. Необходимо выбрать устройства, которые будут осуществлять защиту линии, схема участка с первой и второй периферией изображены на рисунке 1.1.

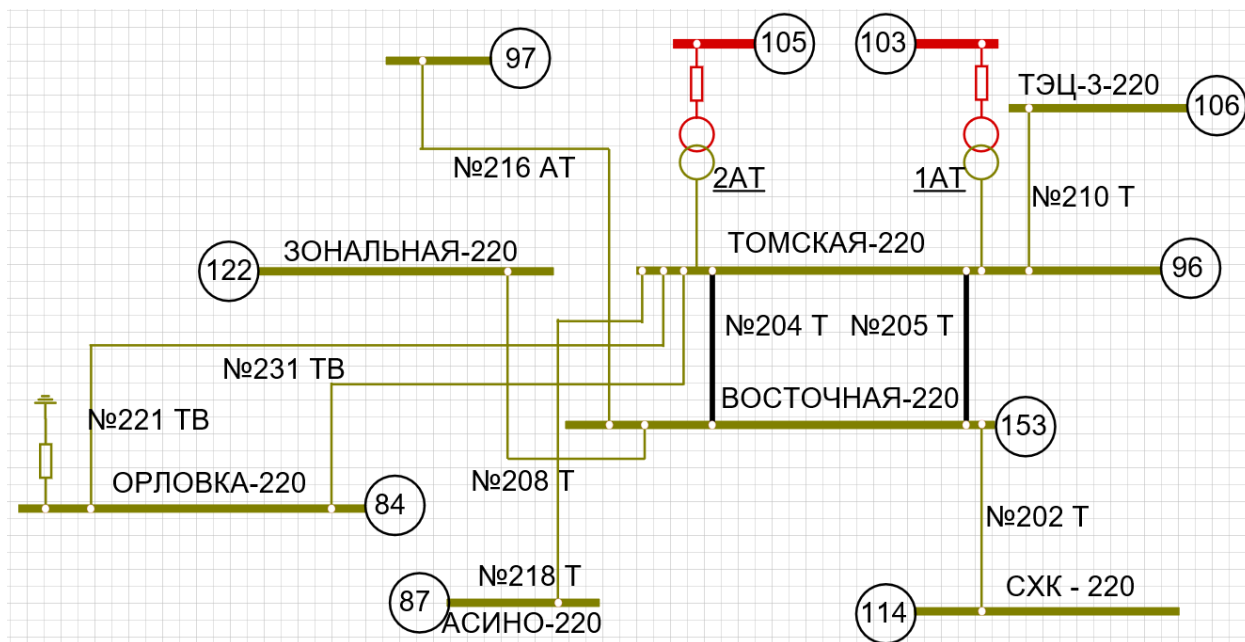


Рисунок 1.1 – Принципиальная схема электрических соединений объектов первой и второй периферии

Параметры оборудования для данного участка будем брать из готовой схемы, построенной в АРМ СРЗА – компьютерная программа для расчет РЗ.

1.2 Выбор и обоснование устанавливаемых защит

Линия имеет питание с двух сторон и более, чтобы защитить эту линию от многофазных замыканий, необходимо применить дистанционную защиту согласно [1, 3.2.111]. Дистанционная защита будет использована в качестве основной в виде трех ступеней.

Помимо дистанционной защиты, будет произведен расчет для настройки токовой ступенчатой отсечки. Поэтому в качестве резервной линии будет использоваться токовая ступенчатая защита. При этом третья ступень будет выполнена по принципу максимальной токовой защиты, первая ступень будет из

себя представлять токовую отсечку без выдержки времени, а вторая с выдержкой. Также предусмотрим ступенчатую токовую защиту нулевой последовательности на случай возникновения замыканий на землю.

1.3 Выбор аппаратной реализации релейной защиты

Современные шкафы релейной защиты выполняются на основе микропроцессорной техники и правильно называть такие устройства микропроцессорная релейная защита, у таких устройств есть ряд преимуществ перед электромеханическими реле защиты. Поэтому основной вектор развития шкафов релейной защиты направлен в сторону перехода с электромеханического и полупроводникового принципа действия на микропроцессорный. Но при всем при этом стоит отметить, что такие устройства, помимо всего прочего, обладают рядом недостатков, которые следует учитывать.

Микропроцессорные устройства обладают большими преимуществами перед электромеханическими устройствами:

- Универсальность;
- Точность измерений;
- Компактность;
- Удобство фиксации неисправностей и настройки защиты.

К недостаткам относится использование микроконтроллера – большая стоимость и отсутствие возможности починить микроконтроллер в случае выхода его из строя, если это все таки произойдет, то под замену пойдет весь блок. Также в случае с электромеханическими реле существуют единые стандарты и принципы по которым эти реле работают и по которым происходит их обслуживание, а микропроцессорная защита индивидуальна от производителя к производителю.

1.4 Выбор устройств релейной защиты

Отечественная промышленность выпускает проектирует и производит собственную автоматику по противодействию аварийным ситуациям на объектах сверхвысокого напряжения. ООО НПП «ЭКРА», исследовательский

центр ИЦ «Бреслер» (г. Чебоксары) и научно–исследовательский центр НТЦ «Механотроника» (г. Санкт-Петербург) поставляют шкафы для энергетики серии ШЭ 2607 и ШЭ 2710, «Бреслер 0400», БМРЗ НВЧ и БМРЗ-ДФЗ микропроцессорных защит, интегрированных с противоаварийной автоматикой линий электропередачи.

Исходя из намеченных задач нам подойдет шкаф микропроцессорной релейной защиты типа ШЭ2607, поскольку один комплект в таком шкафу содержит ряд функций, которые полностью удовлетворяют нашим потребностям:

- дистанционной защиты;
- токовой защиты нулевой последовательности;
- токовой отсечки;
- максимальной токовой защиты;
- автоматической разгрузки при перегрузках по току;
- автоматического повторного включения;
- устройства резервирования отказа выключателей
- автоматики управления линейным или обходным выключателем.

1.5 Выбор измерительных трансформаторов

Выбор трансформатора тока

Трансформаторы тока нужны для упрощения процесса измерения тока в линии и выбираются они по номинальным значениям токов, напряжений обмоток [3, стр. 373]:

– по напряжению установки:

$$U_{уст} \leq U_{ном}$$

– по току:

$$I_{норм} \leq I_{1ном}$$

$$I_{max} \leq I_{1ном}$$

Желательно подбирать аппаратуру так, чтобы рабочий ток был как можно ближе к номинальному, поскольку постольку недостаточная нагрузка может привести к увеличению погрешностей и, как следствие, возникновению некорректной работы оборудования.

– по конструкции и классу точности;

– по электродинамической стойкости:

$$i_y \leq \sqrt{2} \cdot k_{эд} \cdot I_{1ном}$$

$$i_y \leq i_{дин}$$

Где

i_y – ударный ток короткого замыкания по расчету;

$k_{эд}$ – кратность электродинамической стойкости по каталогу;

$I_{1ном}$ – номинальный первичный ток трансформатора тока;

$i_{дин}$ – ток электродинамической стойкости.

Мы не будем проверять шинные трансформаторы на электродинамическую стойкость, потому что их устойчивость зависит от устойчивости шин на которых этот трансформатор установлен.

– по термической стойкости:

$$B_k \leq (k_m \cdot I_{1ном})^2 \cdot t_{тер}$$

$$B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$$

Где

B_k – тепловой импульс по расчету;

k_m – кратность термической стойкости по каталогу;

$I_{тер}$ – ток термической стойкости;

время термической стойкости.

– по вторичной нагрузке:

$$Z_{2ном} \leq Z_2$$

Где

Z_2 – вторичная нагрузка трансформатора тока;

$Z_{2\text{ном}}$ — номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности.

Выбираем трансформатор тока ТФЗМ220Б-I по каталожным данным [3, табл. П4.5, стр. 632] со следующими параметрами:

Таблица 1.1 – Параметры трансформатора тока

Тип	Напряжение $U_{\text{ном}}$, кВ	Номинальный ток, кА		Варианты исполнения по вторичным обмоткам	Ток стойкости, кА		Время $t_{\text{тер}}$, с	Номинальная нагрузка, Ом, в классе,
		Перв. $I_{1\text{ном}}$	Втор. $I_{2\text{ном}}$		Эл.дин. $i_{\text{дин}}$	Терм. $I_{\text{тер}}$		
ТФЗМ220Б-I	220	300-600	5	0,5/10P/10P/10p	27-54	(10-20)/3	ТФЗМ220Б-I	220

Выбор трансформатора напряжения

Трансформаторы напряжения выбираются [3]:

-по значению напряжения установки

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$$

По каталожным данным [3, табл. П4.6, стр. 634] выбираем трансформатор напряжения НКФ-220-58 сданными параметрами:

Таблица 1.2 – Параметры трансформатора напряжения

Тип	Номинальное напряжение обмотки			Номинальная мощность, В·А, в классе точности				Максимальная мощность, В·А
	Перв., кВ	Осн. втор., В	Доп., В	0,2	0,5	1	3	
НКФ-220-58	220 / $\sqrt{3}$	100 / $\sqrt{3}$	100	-	400	600	1200	2000

2 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

2.1 Дистанционная защита

Расчет уставок срабатывания и проверка чувствительности

Рассчитаем уставки и проверим чувствительность дистанционной защиты для первого комплекта, расположенного со стороны шин подстанции Томская-220.

В программном комплексе АРМ СРЗА номер защиты формируется из номера элемента и номера комплекта защиты. Принятая к расчету защита будет иметь номер 2011 (номер элемента N=201 и номер комплекта защиты 1).

Расчет уставки первой ступени

Для первой ступени защиты без выдержки времени первичное сопротивление срабатывания должно отстраиваться от КЗ на шинах противоположного конца ЛЭП, в данном случае рассматриваем КЗ на ПС Восточная - 220. [4].

Необходимо заполнить шаблон для расчета уставки первой ступени, выбрав пункт «Задание для расчет». Далее нужно выполнить команду «Расчет» и программа выдаст результат:

Дата формирования документа для Word: 05.03.2021 22:24:15
 ЭЛ Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 Тип ШЭ2607 Ступень 1
 Ветвь 1 96-153 КТТ 600/5
 Узел КТН 2200 СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Попрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	XU	9.86	0.85	ВИД-КЗ ABC		ZCA=11.74 82
	RV	5.28		УЗЕЛ-КЗ 153		
	ФМЧ	75				
	Ф2	-15				
	Ф3	115				
	Ф4	0				

Где:

ЗАЩ=2011 – чтобы определить номер защиты необходимо к номеру элемента добавить номер комплекта защиты(1);

КТН=220000/100=2200 – коэффициент трансформации трансформатора напряжения;

КТТ=600/5=120 – коэффициент трансформации трансформатора тока;

JBТ=5 – ток на выходе трансформатора тока.

ФМЧ=75 – угол максимальной чувствительности;

Ф2=-15 и Ф3=115 – углы наклона четырехугольной характеристики первой ступени защиты. Значения углов являются рекомендациями разработчиков программы АРМ СРЗА.

Для ЛЭП 220 кВ, как правило, используют провод АС-120. Продолжительный ток этой марки составляет 600 А [3]. В дальнейших расчетах, при необходимости, будем отталкиваться от этой величины.

Сопротивление срабатывания дистанционной защиты первой ступени:

$$Z_{сз}^I = 5,28 + j \cdot 9,86 \text{ Ом}$$

Время срабатывания дистанционной защиты первой ступени:

$$t_{сз}^I = 0 \text{ с.}$$

Выполним в программе построение характеристики, которая отражает параметры, при которых защита 2011 срабатывает.

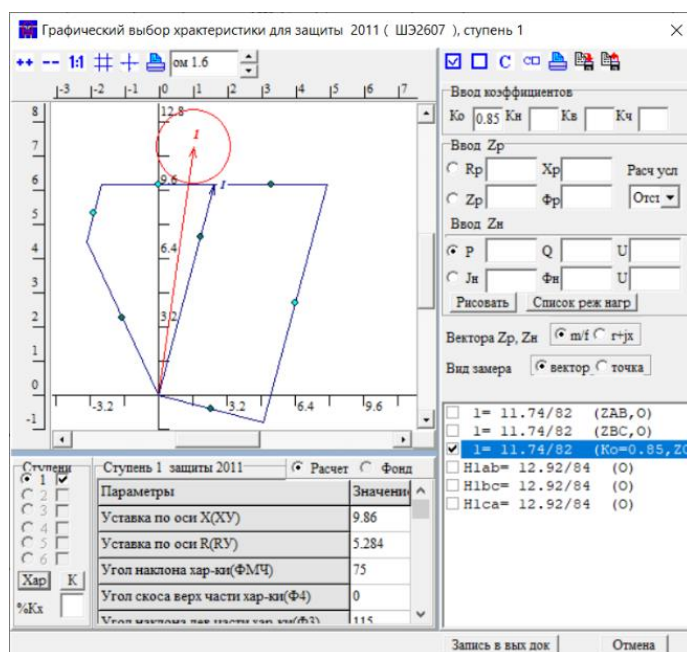


Рисунок 2.1 – Характеристика реле срабатывания первой ступени дистанционной защиты 2011

На рисунке 2.1 представлена характеристика, она по своей форме представляет из себя параллелограмм, который усечен отрезками, отрезки исходят из начала координат комплексной плоскости, и угол наклона этих отрезков говорит о направлении мощности

Чтобы правильно выбрать параметры срабатывания для дистанционной защиты, исходя из условий отстройки, нужно проанализировать отношение характеристики реле срабатывания к положению конца вектора замера на зажимах реле.

Таким образом, нужно принять минимальное значение расстояния от конца вектора до характеристики. Вектор замера на зажимах реле срабатывания должен быть за пределами характеристики, чтобы все погрешности были покрыты.

На полученных характеристиках в конце вектора, исходящего из начала координат, имеется небольшой круг. Это чисто эмпирическая фигура, которая показывает область неопределенности, в которой гипотетически может находиться значение уставки. Этот круг называется погрешностью замера реле срабатывания.

Диаметр этого круга зависит от коэффициента КН. Круг не должен пересекать характеристику реле срабатывания, а только соприкасаться с ней в одной крайней точке

Проверка чувствительности первой ступени

Для первой ступени дистанционной защиты (ДЗ) чувствительность разрешается не проверять согласно [7].

Расчет уставки второй ступени

Перед расчетом уставок второй ступени необходимо произвести согласование с первыми ступенями отходящих линий. Осуществим короткие замыкания на отходящих подстанциях (узлы 114, 122, 97) относительно подстанции Восточная-220 (узел 153). Рассчитаем первые ступени для каждой защиты линии:

Дата формирования документа для Word: 13.03.2021 14:44:56
 ЭЛ Т-202 ПС ВОСТОЧНАЯ-220
 Защита 2271 (комплект 4) Тип ШЭ2607 Ступень 1
 Ветвь 153-114 КТТ 600/5
 Узел КТН 2200 СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрежим</u>	<u>Эл величины</u>
ОТСТРОЙКА	XU	6.98	0.85	ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 114		ZCA=8.32 82
	RY	3.74				
	ФМЧ	75				
	Ф2	-15				
	Ф3	115				
	Ф4	0				

Дата формирования документа для Word: 12.03.2021 14:42:30
 ЭЛ Т-208 ПС ВОСТОЧНАЯ-220
 Защита 1871 Тип ШЭ2607 Ступень 1
 Ветвь 153-122 КТТ 600/5
 Узел КТН 2200 СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	XU RV RUMIN ФМЧ Ф2 Ф3 Ф4	5.54 2.97 3.67 75 -15 115 0	0.85	ВИД-КЗ ABC УЗЕЛ-КЗ 122		ZCA=6.60 82

Дата формирования документа для Word: 12.03.2021 14:44:18
 ЭЛ АТ-216 ПС ВОСТОЧНАЯ-220
 Защита 2151 Тип ШЭ2607 Ступень 1
 Ветвь 153-97 КТТ 600/5
 Узел КТН 2200 СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	XU RV ФМЧ Ф2 Ф3 Ф4	32.4 17.4 75 -15 115 0	0.85	ВИД-КЗ ABC УЗЕЛ-КЗ 97		ZCA=38.52 82

Результаты расчетов сводим в таблицу, в которой указаны значения сопротивлений срабатывания первых ступеней отходящих линий от ПС Восточная-220.

Таблица 2.1 – Результаты расчета

№ ветви	№ элемента	Значение сопротивления срабатывания	
		XU, Ом	RY, Ом
153-114	228	8.41	4.51
153-122	187	6.98	3.74
153-97	215	32.4	17.4

Согласуем вторую ступень защиты ветви 96-153 с первыми ступенями, которые отходят от ПС Восточная-220.

Согласуем вторую ступень защиты ветви 96-153 с первой ступенью защиты ветви 153-122.

Дата формирования документа для Word: 13.03.2021 14:02:03
 ЭЛ Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 Тип ШЭ2607 Ступень 2
 Ветвь 1 96-153 КТТ 600/5
 Узел КТН 2200 СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрежим</u>	<u>Эл величины</u>
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ ХУ=6.98 РУ=3.74 Т=0.00 ФМЧ 75 Ф2 -15 Ф3 115 Ф4 0 защита 1871 ШЭ2607 (153-122) ЭЛ:Т-208 ПС:ВОСТОЧНАЯ- 220	ХУ РУ ФМЧ Ф2 Ф3	19.3 10.4 75 -15 115	0.85	ВИД-КЗ АВС ВЕЕР 187/153 122-153,0.236 (<u>Лотн лин</u> =0.764)	ОТКЛ 0 96-153	ZCA=22.81 86 ZAB(B)=5.05 82

Согласуем вторую ступень защиты ветви 96-153 с первой ступенью защиты ветви 153-97.

Дата формирования документа для Word: 13.03.2021 14:21:22
 ЭЛ Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011(комплект 2) Тип ШЭ2607 Ступень 2
 Ветвь 1 96-153 КТТ 600/5
 Узел КТН 2200 СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрежим</u>	<u>Эл величины</u>
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ ХУ=32.4 РУ=17.4 Т=0.00 ФМЧ 75 Ф2 -15 Ф3 115 Ф4 0 защита 2151 ШЭ2607 (153-97) ЭЛ:АТ-216 ПС:ВОСТОЧНАЯ- 220	ХУ РУ ФМЧ Ф2 Ф3	51.0 27.3 75 -15 115	0.85	ВИД-КЗ АВС ВЕЕР 215/153 97-153,0.234 (<u>Лотн лин</u> =0.766)	ОТКЛ 0 96-153	ZCA=60.09 87 ZAB(B)=29.45 82

Согласуем вторую ступень защиты ветви с первой ступенью защиты ветви 153-114.

Дата формирования документа для Word: 13.03.2021 14:30:45
 Эл Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 (комплект 3) Тип ШЭ2607 Ступень 2
 Ветвь 1 96-153 КТТ 600/5
 Узел КТН 2200 СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ ХУ=8.41 РУ=4.51 Т=0.00 ФМЧ 75 Ф2 -15 Ф3 115 Ф4 0 защита 2271 ШЭ2607 (153-114) ЭЛ:Т-202 ПС:ВОСТОЧНАЯ- 220	ХУ РУ ФМЧ Ф2 Ф3	17.8 9.56 75 -15 115	0.85	ВИД-КЗ АВС ВЕЕР 227/153 114-153,0.079 (<u>Лотн лин=0.921</u>)	ОТКЛ 0 96-153	ZCA=21.05 86 ZAB (Б)=7.66 82

Таблица 2.2 – Результаты расчета

№ ветви	№ ветви согласования	Значение сопротивления срабатывания	
		ХУ, Ом	РУ, Ом
153-114	228	17.8	9.56
153-122	187	19.3	10.4
153-97	215	51.0	27.3

Необходимо взять самое маленькое сопротивление из всех представленных.

Зафиксируем величину срабатывания ДЗ ступени номер 2:

$$Z_{zc}^{II} = 9,56 + j \cdot 17.8 \text{ Ом}$$

Время срабатывания дистанционной защиты второй ступени:

$$t_{c3}^{II} = 0,5 \text{ с}$$

Выполним в программе построение характеристики, которая отражает параметры, при которых ступень номер два защиты 2011 срабатывает.

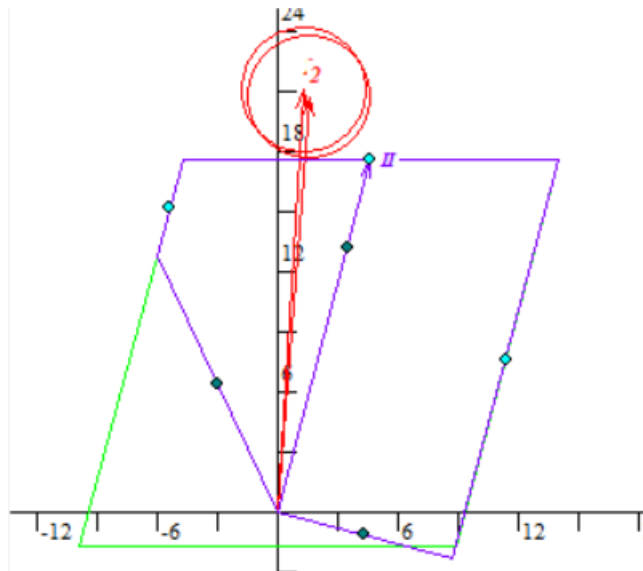


Рисунок 2.2 – Графическая характеристика реле срабатывания второй ступени дистанционной защиты

Проверка чувствительности второй ступени

Проверим чувствительность второй ступени, для этого необходимо произвести трехфазное короткое замыкание в конце линии, подстанция Восточная [7, стр. 84].

Дата формирования документа для Word: 13.03.2021 14:30:45
 ЭЛ Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 (комплект 3) Тип ШЭ2607 Ступень 2
 Ветвь 1 96-153 КТТ 600/5
 Узел КТН 2200 СЕТЬ: ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	XU	19.0	1.63	ВИД-КЗ ABC		ZAB=11.74 82
	RV	10.2	7.19	УЗЕЛ-КЗ 153		Ip=1852 -93
	ФМЧ	75	КЧзр=			
	Ф2	-15	1.55			
	Ф3	115				
	ХВТ	1.04				
	РВТ	0.556				
	УТР	0.50	30.87			

Коэффициент чувствительности второй ступени дистанционной защиты:

$$k_{\text{ч}} = 1,55 > 1,25$$

Полученный коэффициент чувствительности полностью удовлетворяет данным требованиям [7].

Расчет уставки третьей ступени

Третья ступень отстраивается от самого маленького сопротивления в обычном режиме работы, то есть, режим работы нормальный, но при этом ток должен быть максимальным, а напряжение минимальным [4].

Произведем расчет:

Дата формирования документа для Word: 15.03.2021 14:58:05
 ЭЛ Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 Тип ШЭ2607 Ступень 3
 Ветвь 1 96-153 КТТ 600/5
 Узел КТН 2200 СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Попрежим	Эл величины
НАГРУЗКА	XU RV ФМЧ Ф2 Ф3	196.6 105.3 75 -15 115	1.26		KN=1.20 KBPT=1.05 JH=480 UMIN=200 FN=36	ZH=240.56 36

Где

KN=1,2 – коэффициент надежности;

KB=1,05 – коэффициент возврата;

JH=480 – ток нагрузки;

UMIN=200 – минимальное рабочее напряжение;

KCAM=1 – коэффициент самозапуска.

Если по каким-то причинам у нас нет данных о токе нагрузке, то его можно взять ориентировочно, зная допустимый ток провода, предварительно снизив его значение на 20-30%. В нашем случае мы используем провод марки АС-120, у которого допустимый ток равен 600 А [3].

Тогда принимаем ток нагрузки равный:

$$I_{\text{нагр}} = 600 \cdot 0,8 = 480 \text{ А}$$

Сопротивление срабатывания дистанционной защиты третьей ступени:

$$Z_{\text{сз}}^{\text{III}} = 105,3 + j \cdot 196,6 \text{ Ом}$$

Время срабатывания дистанционной защиты третьей ступени:

$$t_{\text{сз}}^{\text{III}} = 1 \text{ с}$$

Выполним в программе построение характеристики, которая отражает параметры, при которых ступень номер 3 защиты 2011 срабатывает.

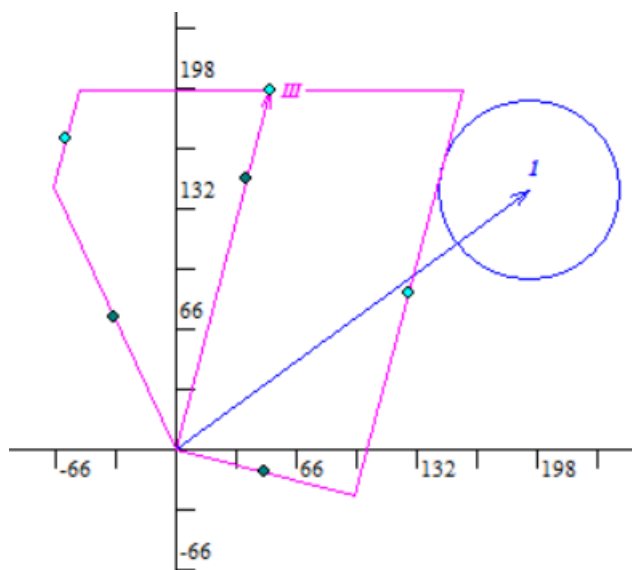


Рисунок 2.3 – Графическая характеристика реле срабатывания третьей ступени дистанционной защиты

Проверка чувствительности третьей ступени

Чувствительность третьей ступени в режиме ближнего резервирования проверяется при 3-х фазном коротком замыкании в конце защищаемой линии.

Дата формирования документа для Word: 15.03.2021 15:57:11
 ЭЛ Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 Тип ШЭ2607 Ступень 3
 Ветвь 1 96-153 КТТ 600/5
 Узел КТН 2200 СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	ХУ	196.6	16.92	ВИД-КЗ АВС		ЗАВ=11.74 82
	РУ	105.2	74.18	УЗЕЛ-КЗ 153		Ір=1852 -93
	ФМЧ	75	КЧзр=			
	Ф2	-15	1.55			
	Ф3	115				
	ХВТ	10.7				
	РВТ	5.74				
	УТР	0.50	30.87			

Зафиксируем коэффициент чувствительности ступени номер три ДЗ в режиме ближнего резервирования.

$$k_{\text{ч}} = 1,55 \geq 1,5$$

Значение коэффициента чувствительности, которое получено из протокола ПК АРМ СРЗА, удовлетворяет требованиям [7].

Чтобы проверить коэффициент чувствительности в режиме дальнего резервирования, нужно осуществить трехфазное КЗ в конце самой длинной линии.

Осуществим короткое замыкание на узле 97.

Дата формирования документа для Word: 15.03.2021 25:09
 ЭЛ Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 (комплект д) Тип ШЭ2607 Ступень 3
 Ветвь 1 96-153 КТТ 600/5
 Узел КТН 2200 СЕТЬ: ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	XU	196.6	2.27	ВИД-КЗ ABC		ZAB=87.16 84
	RY	105.2	7.30	УЗЕЛ-КЗ 97		<u>I_p</u> =861 -90
	ФМЧ	75	<u>K_{ЧЗР}</u> =			
	Ф2	-15	1.51			
	Ф3	115				
	ХВТ	10.7				
	РВТ	5.74				
	УТР	0.50	14.35			

Зафиксируем коэффициент чувствительности ступени номер три ДЗ в режиме дальнего резервирования:

$$k_{\text{ч}} = 1,51 \geq 1,5$$

Данное значение коэффициента чувствительности отвечает предъявляемым требованиям [7].

Далее составим итоговую таблицу, в которой отражены значения сопротивлений при котором срабатывает защита каждой ступеней дистанционной защиты.

Полученный коэффициент чувствительности полностью удовлетворяет данным требованиям [7].

Отразим для наглядности величины сопротивлений срабатывания дистанционной защиты в таблице.

Таблица 2.3 – Параметры дистанционной защиты

№ ступени	Сопротивление срабатывания ступени
	$Z_{сз}, \text{ Ом}$
I	$5,28+j \cdot 9,86$
II	$9,56+j \cdot 17,8$
III	$105,3+j \cdot 196,6$

2.2 Токовая ступенчатая защита нулевой последовательности

Расчет уставки первой ступени

Найдем максимальный ток нулевой последовательности, произведя короткое замыкание на противоположной подстанции [5]. То есть необходимо произвести КЗ на подстанции Восточная.

Дата формирования документа для Word: 17.03.2021 15:35:04
 ЭЛ Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 Тип ТЗНП Ступень 1
 Ветвь 1 96-153 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	1473	1.20	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 153		ЗИ0=1228 -88 ЗУ0=43.05 -180
	УСТ	1733	1.20	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 153		ЗИ0=1444 90 ЗУ0=50.63 -2

Определим ток срабатывания первой ступени токовой защиты нулевой последовательности из протокола ПК АРМ СРЗА:

$$I_{сз}^I = 1733 \text{ А}$$

Для первой ступени токовой защиты нулевой последовательности примем время срабатывания:

$$t_{сз}^I = 0 \text{ с}$$

Чтобы исключить ложные срабатывания необходимо ввести задержку в размере примерно 0,2 с.

Проверка чувствительности первой ступени

Мы не будем проверять чувствительность первой ступени, так как в этом нет необходимости согласно рекомендациям [5].

Расчет уставки второй ступени

Рассчитываем уставки первых ступеней защит отходящих линий [6, стр. 48].

Дата формирования документа для Word: 17.03.2021 15:59:16
 ЭЛ Т-208 ПС ВОСТОЧНАЯ-220
 Защита 1871 (комплект о) Тип ТЭНП Ступень 1
 Ветвь 153-122 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	3656	1.20	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 122		ЗИ0=3047 -88 ЗУ0=40.30 179
	УСТ	3982	1.20	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 122		ЗИ0=3318 91 ЗУ0=43.89 -3

Дата формирования документа для Word: 17.03.2021 16:03:34
 ЭЛ АТ-216 ПС ВОСТОЧНАЯ-220
 Защита 2151 (комплект о) Тип ТЭНП Ступень 1
 Ветвь 153-97 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	1490	1.20	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 97		ЗИ0=1242 -91 ЗУ0=18.14 176
	УСТ	1251	1.20	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 97		ЗИ0=1043 89 ЗУ0=15.24 -4

Дата формирования документа для Word: 17.03.2021 16:04:34
 ЭЛ Т-202 ПС ВОСТОЧНАЯ-220
 Защита 2271 (комплект о) Тип ТЭНП Ступень 1
 Ветвь 153-114 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	2607	1.20	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 114		ЗИ0=2173 -87 ЗУ0=53.89 -179
	УСТ	2794	1.20	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 114		ЗИ0=2329 91 ЗУ0=57.75 -1

Результаты расчетов сводим в таблицу, в которой указаны значения тока срабатывания первых ступеней отходящих линий от ПС Восточная.

Таблица 2.4 – Результаты расчетов

№ ветви	№ элемента	Значение тока срабатывания
		$I_{сз}, A$
153-122	187	3656
153-97	215	1490
153-114	227	2607

Согласуем вторую ступень защиты 2011 ветви 96-153 с первой ступенью защиты ветви 153-122.

Дата формирования документа для Word: 18.03.2021 10:26:26
 Эл Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 (комплект с) Тип ТЭНП Ступень 2
 Ветвь 1 96-153 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 3656 Т=0.20 защита 1871 ТЭНП (153-122) ЭЛ:Т-208 ПС:ВОСТОЧНАЯ- 220	УСТ	656	1.10	ВИД-КЗ А0 ВБЕР 187/153 122-153,0.169 (Лотн лин=0.831)	ВКЛ-ШСВ 0 96- 1001 ВКЛ-ШСВ 0 1001- 96	ЗІО=596 -88 ЗUО=21.27 -180 ЗІО(В)=3656 -88 ЗUО(В)=45.56 179

Согласуем вторую ступень защиты 2011 ветви 96-153 с первой ступенью защиты ветви 153-97.

Дата формирования документа для Word: 18.03.2021 10:31:07
 Эл Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 (комплект с) Тип ТЭНП Ступень 2
 Ветвь 1 96-153 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 1490 Т=0.20 защита 2151 ТЭНП (153-97) ЭЛ:АТ-216 ПС:ВОСТОЧНАЯ- 220	УСТ	278	1.10	ВИД-КЗ А0 ВБЕР 215/153 97-153,0.138 (Лотн лин=0.862)	ВКЛ-ШСВ 0 96-1001 ВКЛ-ШСВ 0 1001-96	ЗІО=253 -90 ЗUО=9.00 178 ЗІО(В)=1489 -90 ЗUО(В)=19.29 176

Согласуем вторую ступень защиты 2011 ветви 96-153 с первой ступенью защиты ветви 153-114.

Дата формирования документа для Word: 18.03.2021 10:35:44
 Эл Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 (комплект с) Тип ТЭНП Ступень 2
 Ветвь 1 96-153 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 2607 Т=0.20 защита 2271 ТЭНП (153-114) ЭЛ:Т-202 ПС:ВОСТОЧНАЯ- 220	УСТ	362	1.10	ВИД-КЗ А0 ВБЕР 227/153 114-153,0.091 (Лотн лин=0.909)	ВКЛ-ШСВ 0 96-1001 ВКЛ-ШСВ 0 1001-96	ЗІО=329 - 95 ЗUО=40.97 -176 ЗІО(В)=260 7 -87 ЗUО(В)=54. 08 -180

Из всех полученных условий нам необходимо выбрать самое большое значение тока. То есть для ступени номер два выберем следующее значение срабатывания тока:

$$I_{сз}^{II} = 656 \text{ А}$$

Время срабатывания второй ступени больше времени срабатывания первой ступени на одну ступень селективности, то есть больше, чем примерно 0,5 с:

$$t_{сз}^{II} = t_{сз}^I + \Delta t = 0 + 0,5 = 0,5 \text{ с}$$

Проверка чувствительности второй ступени

Чтобы определить чувствительность ступени номер два, необходимо произвести однофазное КЗ в конце линии, которую мы защищаем:

Дата формирования документа для Word: 18.03.2021 11:31:57
 ЭЛ Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 (комплект ч) Тип ТЗНП Ступень 2
 Ветвь 1 96-153 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	656	1.87	ВИД-КЗ АО УЗЕЛ-КЗ 153	ВКЛ-ШСВ 0 96-1001 ВКЛ-ШСВ 0 1001-96	ЗИО=1228 -88 ЗУО=43.05 -180
	УСТ	656	2.20	ВИД-КЗ АВО УЗЕЛ-КЗ 153	ВКЛ-ШСВ 0 96-1001 ВКЛ-ШСВ 0 1001-96	ЗИО=1444 -150 ЗУО=50.63 118

Коэффициент чувствительности второй ступени токовой защиты нулевой последовательности:

$$k_q = 1,87 \geq 1,5$$

Полученный коэффициент чувствительности удовлетворяет стандартам изложенным в [5].

Рассчитывать третью ступень мы не будем, поскольку постольку чувствительность второй ступени обеспечена.

Расчет уставки четвертой ступени

Чтобы отстроить ток срабатывания четвертой ступени, необходимо исходить из токов небаланса в нулевом проводе трансформатора, при этом ток в линии должен быть максимальным в пределах допустимого.

Дата формирования документа для Word: 18.03.2021 11:50:18
 Эл Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 (комплект у) Тип ТЗНП Ступень 4
 Ветвь 1 96-153 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
НАГРУЗКА	УСТ	41			КН=1.20 КВРТ=0.85 КНБ=0.06 ЛН=480	

Для шкафа ШЭ2607 минимальный ток уставки резервных ступеней ТЗНП равен 60 А. Если по расчетам уставка меньше указанной величины, то следует принять уставку 60 А.

Ток срабатывания четвертой ступени токовой защиты нулевой последовательности:

$$I_{сз}^{IV} = 60 \text{ А}$$

Выдержка времени четвертой ступени токовой защиты нулевой последовательности определяется по возможности по ступенчатому принципу [5].

Проверка чувствительности четвертой ступени

Чтобы проверить правильность выбранной уставки четвертой ступени, оценим её чувствительность, сделав однофазное короткое замыкание в конце зоны дальнего резервирования. Делаем короткое замыкание в узле 97.

Дата формирования документа для Word: 18.03.2021 12:01:26
 Эл Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 (комплект ч) Тип ТЗНП Ступень 4
 Ветвь 1 96-153 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	60	5.04	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 97		ЗИ0=302 -91 ЗУ0=6.98 179
	УСТ	60	4.25	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 97		ЗИ0=255 -151 ЗУ0=5.89 119

Коэффициент чувствительности четвертой ступени токовой защиты нулевой последовательности:

$$k_{\varphi} = 5,04 \geq 1,2$$

Данное значение коэффициента чувствительности отвечает предъявляемым требованиям [5].

Занесем в итоговую таблицу значения токов срабатывания всех ступеней токовой защиты нулевой последовательности.

Таблица 2.5 – Параметры токовой защиты нулевой последовательности

№ ступеней	Токи срабатывания
	$I_{сз}, A$
I	1733
II	656
IV	60

2.3 Токовая ступенчатая защита

Расчет уставки первой ступени

Определим ток срабатывания ступени номер один, для этого сделаем трехфазное короткое замыкание в конце линии. Проводим короткое замыкание на ПС Восточная.

Дата формирования документа для Word: 19.03.2021 11:09:18
 Эл Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 (комплект 1) Тип МФТЗ Ступень 1
 Ветвь 1 96-153 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	3559	1.20	ВИД-КЗ ABC УЗЕЛ-КЗ 153		IA=2966 -95

Для первой ступени токовой ступенчатой защиты примем ток срабатывания равный:

$$I_{сз}^I = 3559 A$$

При этом время срабатывания первой ступени токовой ступенчатой защиты:

$$t_{сз}^I = 0 c$$

Проверка чувствительности первой ступени

Чтобы проверить чувствительность, необходимо произвести двухфазное короткое замыкание в начале линии, для которой рассчитывается защита.

Дата формирования документа для Word: 28.05.2021 16:20:06
 ЭЛ Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 (комплект ч) Тип МФТЗ Ступень 1
 Ветвь 1 96-153 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ КСХ РТ	3559 1.73 ABC	2.05	ВИД-КЗ ВС УЗЕЛ-КЗ 1001		IV=2620 173 Ip=5109 176

Примем коэффициент чувствительности первой ступени токовой ступенчатой защиты равным:

$$k_{\text{ч}} = 2,05$$

Расчет уставки второй ступени

Произведем расчет первых ступеней защит линий, которые отходят от ПС Восточная.

Произведем трехфазное короткое замыкание на линиях, которые отходят от подстанции Восточная(узлы 122, 97, 153).

Дата формирования документа для Word: 19.03.2021 11:16:24
 ЭЛ Т-208 ПС ВОСТОЧНАЯ-220
 Защита 1871 (комплект о) Тип МФТЗ Ступень 1
 Ветвь 153-122 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	5611	1.20	ВИД-КЗ ABC УЗЕЛ-КЗ 122		IA=4676 -85

Дата формирования документа для Word: 19.03.2021 11:25:36
 ЭЛ АТ-216 ПС ВОСТОЧНАЯ-220
 Защита 2151 (комплект о) Тип МФТЗ Ступень 1
 Ветвь 153-97 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	2268	1.20	ВИД-КЗ ABC УЗЕЛ-КЗ 97		IA=1890 -87

Дата формирования документа для Word: 19.03.2021 11:27:05
 ЭЛ Т-202 ПС ВОСТОЧНАЯ-220
 Защита 2271(комплект о) Тип МФТЗ Ступень 1
 Ветвь 153-114 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрежим</u>	<u>Эл величины</u>
ОТСТРОЙКА	УСТ	2269	1.20	ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 114		IA=1891 -100

Далее необходимо произвести согласование второй ступени линии 96-153 с первыми ступенями, отходящих от ПС Восточная.

Согласование с первой ступенью линии 153-122:

Дата формирования документа для Word: 19.03.2021 11:39:24
 ЭЛ Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011(комплект с) Тип МФТЗ Ступень 2
 Ветвь 1 96-153 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрежим</u>	<u>Эл величины</u>
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 5611 Т=0.00 защита 1871 МФТЗ (153-122) ЭЛ:Т-208 ПС:ВОСТОЧНАЯ- 220	УСТ	2939	1.20	ВИД-КЗ АВС ВЕР 187/153 122-153,0.399 (Лотн лин=0.601)	ОТКЛ 0 1001-96	IA=2449 -95 IA(B)=5611 -85

Согласование с первой ступенью линии 153-97:

Дата формирования документа для Word: 19.03.2021 11:41:48
 ЭЛ Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011(комплект с) Тип МФТЗ Ступень 2
 Ветвь 1 96-153 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

<u>Расч условие</u>	<u>Имя</u>	<u>Знач</u>	<u>К</u>	<u>Повреждение</u>	<u>Подрежим</u>	<u>Эл величины</u>
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 2268 Т=0.00 защита 2151 МФТЗ (153-97) ЭЛ:АТ-216 ПС:ВОСТОЧНАЯ- 220	УСТ	1738	1.20	ВИД-КЗ АВС ВЕР 215/153 97-153,0.176 (Лотн лин=0.824)	ОТКЛ 0 1001-96	IA=1448 -93 IA(B)=2267 -87

Согласование с первой ступенью линии 114-153:

Дата формирования документа для Word: 19.03.2021 11:43:43
 ЭЛ Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 (комплект с) Тип МФТЗ Ступень 2
 Ветвь 1 96-153 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 2269 Т=0.00 защита 2271 МФТЗ (153-114) ЭЛ:Т-202 ПС:ВОСТОЧНАЯ- 220	УСТ	2174	1.20	ВИД-КЗ АВС ВБЕР 227/153 114-153,0.095 (<u>Лотн лин</u> =0.905)	ОТКЛ 0 1001-96	IA=1812 -107 IB (Б)=2269 144

Из полученных значений токов следует выбрать большую уставку по току.

Следовательно, для ступени номер два токовой ступенчатой защиты ток будет равен:

$$I_{сз}^{II} = 2939 \text{ А}$$

Время срабатывания второй ступени токовой ступенчатой защиты:

$$t_{сз}^{II} = 0,5 \text{ с}$$

Проверка чувствительности второй ступени

Осуществим двухфазное короткое замыкание на ПС Восточная.

Дата формирования документа для Word: 19.03.2021 14:02:13
 ЭЛ Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 (комплект ч) Тип МФТЗ Ступень 2
 Ветвь 1 96-153 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ КСХ РТ	2939 1.73 АВС	1.41	ВИД-КЗ ВС УЗЕЛ-КЗ 153		IB=2620 173 <u>Ip</u> =5109 176

Коэффициент чувствительности:

$$k_{\text{ч}} = 1,41 \geq 1,2$$

Данное значение коэффициента чувствительности отвечает требованиям предъявляемым в [8].

Расчет уставки третьей ступени

Отстроимся от нагрузочных режимов, чтобы определить ток срабатывания третьей ступени.

Дата формирования документа для Word: 28.05.2021 11:48:33
 ЭЛ Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 (комплект 3) Тип МФТЗ Ступень 3
 Ветвь 1 96-153 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
НАГРУЗКА	УСТ	718			КН=1.20 КВРТ=0.80 JH=480	

Исходя из полученных значений в вышеприведённой таблице примем ток срабатывания для ступени номер три:

$$I_{сз}^{III} = 718 \text{ А}$$

Время срабатывания третьей ступени токовой ступенчатой защиты:

$$t_{сз}^{III} = 1 \text{ с}$$

Проверка чувствительности третьей ступени

Для режима ближнего резервирования чувствительность необходимо проверять в конце линии, для которой рассчитывается защита.

Дата формирования документа для Word: 28.05.2021 12:14:54
 ЭЛ Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 (комплект ч) Тип МФТЗ Ступень 3
 Ветвь 1 96-153 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ КСХ РТ	718 1.73 ABC	3.96	ВИД-КЗ ВС УЗЕЛ-КЗ 153		IB=2620 173 Ip=5109 176

Коэффициент чувствительности для третьей ступени:

$$k_{\text{ч}} = 3,96 \geq 1,5$$

Для режима дальнего резервирования необходимо осуществлять проверку в конце линии, которая резервируется [8].

Дата формирования документа для Word: 28.05.2021 13:21:28
 ЭЛ Т-204 ПС ТОМСКАЯ-220
 Защита 2011 (комплект ч) Тип МФТЗ Ступень 3
 Ветвь 1 96-153 КТТ
 Узел КТН СЕТЬ:ЕНЭС Томской области

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величин ы
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ КСХ РТ	718 1.73 ABC	1.84	ВИД-КЗ ВС УЗЕЛ-КЗ 97		IB=1294 173 Ip=2453 178

Коэффициент чувствительности в режиме дальнего резервирования:

$$k_{\text{ч}} \geq 1,84 \geq 1,2$$

Данное значение коэффициента чувствительности отвечает требованиям предъявляемым в [8].

Занесем в итоговую таблицу значения токов срабатывания каждой ступени токовой ступенчатой защиты.

Таблица 2.6 – Параметры токовой ступенчатой защиты

№ ступеней	Токи срабатывания
	$I_{\text{сз}}, \text{ A}$
I	3559
II	2939
III	718

Представленная ниже таблица отражает все выдержки, посчитанные в данной работе.

Таблица 2.7 – Параметры защит

Тип защиты	Номер ступени	Параметры срабатывания
ДЗ	I	$5,28+j \cdot 9,86 \text{ Ом}$
	II	$9,56+j \cdot 17,8 \text{ Ом}$
	III	$105,3+j \cdot 196,6 \text{ Ом}$
ТЗНП	I	1733 A
	II	656 A
	IV	60 A
ТСЗ	I	3559 A
	II	2939 A
	III	718 A

3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И РЕСЕРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Целью данной работы является определение экономической целесообразности научного исследования «Реконструкция релейной защиты линии 220 кВ Томская-500 – Восточная Томской энергосистемы», для этого необходимо выполнить следующие задачи:

- проанализировать конкурентные технические решения проекта;
- провести SWOT – анализ;
- выполнить планирование и организацию научно исследования;
- определить бюджет научно-технического исследования;
- определить ресурсоэффективность проекта.

В текущее время этот раздел является одним из значимых в современном проектировании в любых отраслях, т.к. оборудование рассматривается не только исходя из его рабочих характеристик, но и по экономической оценки, выбирается наиболее выгодный вариант.

3.1 Анализ конкурентоспособности

Целесообразно проводить анализ конкурентных технических решений с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 3.1. Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырёх конкурентных товаров и разработок. Оценка будет происходить по 5-ти бальной шкале, где 5 – наиболее сильная, а 1 – наиболее слабая позиция. Вес показателей в сумме должны составлять 1.

Так как в работе рассматривается релейная защита линии, Используя шкаф ШЭ2607 016 на базе терминала БЭ2704 НПП «ЭКРА», то целесообразно сравнить ее продукцию с конкурентами. Для сравнения возьмем два наиболее продвинутых на отечественном рынке конкурента: Это SIEMENS и БМРЗ 100 компании механотроника.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i$$

Где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		ЭКРА	СИЕМ	БМРЗ	К _ф ШЭ26 7 016	К _{к1} ШЭ- МТ- 054	К _{к2} ШЗЛ
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии эффективности							
1. Помехоустойчивость	0,015	5,00	5,00	4,00	0,75	0,75	0,60
2. Надежность	0,20	5,00	4,00	3,00	1	0,80	0,60
3. Предоставляемые функции защит и автоматики	0,20	5,00	4,00	4,00	1	0,80	0,80
4. Качество интеллектуального интерфейса	0,1	4,00	5,00	2,00	0,40	0,50	0,20
5. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,15	5,00	5,00	3,00	0,75	0,75	0,45
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	5,00	4,00	4,00	0,35	0,28	0,28
2. Уровень проникновения на рынок	0,02	5,00	3,00	3,00	0,1	0,06	0,06
3. Финансирование научной разработки	0,01	4,00	5,00	4,00	0,04	0,05	0,04
4. Срок выхода на рынок	0,01	4,00	4,00	4,00	0,04	0,04	0,04
5. Наличие сертификации разработки	0,09	5,00	5,00	5,00	0,45	0,45	0,45
Итого	1,00	47,00	44,00	36,00	4,88	4,48	3,52

По результатам расчетов анализа конкурентоспособности технического решения по оценочной карте, можно сделать вывод о том, что шкаф типа ШЭ2607 016 производителя «ЭКРА» является более предпочтительным. Превосходство над оппонентами обеспечивается за счет того, что продукция данного производителя широко распространена на отечественном рынке и

пользуется заслуженной популярностью. Этого удалось достичь в первую очередь за счет надежности и качества.

3.2 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

1) **Сильные стороны.** Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта.

2) **Слабые стороны.** Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

3) **Возможности.** Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

4) **Угроза.** Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

Таблица 3.2 – Матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны: Удовлетворение желаний потребителя (выбор любого рода защит на заводе - изготовителе); Уменьшение затрат времени и наладки с контролем защит; Высокая чувствительность к аварийным режимам;</p>	<p>Слабые стороны: Для настройки шкафа требуется подключение к ПК на устаревшей базе Windows 2000/XP; Высокая стоимость шкафа. Требуется отдельные цепи постоянного тока для подключения измерительных трансформаторов.</p>
<p>Возможности: Внедрение более развитых технологий на базе шкафа «Экра» ШЭ 2607; Применение энергопредприятиями данного шкафа, как основную защиту главных схем электростанций; Повышение спроса.</p>	<p>Сильные стороны и возможности: Благодаря своим параметрам, шкаф ШЭ 2607 принесет быструю окупаемость и высокую прибыль, из – за сохранности дорогостоящего энергооборудования, что незамедлительно привлечёт инвесторов для финансирования более развитых технологий; Долгий срок службы шкафов позволит, увеличит спрос, обеспечивая тем самым экономию на покупке новых.</p>	<p>Слабые стороны и возможности: Из – за высокой стоимости шкафа возможен отказ инвесторов в финансировании, что приведёт к снижению спроса; Для сохранности энергооборудования потребуется время для обучения персонала пользования шкафом ШЭ 2601 и его программными комплексами.</p>
<p>Угрозы: Снижение спроса на технологии более нового образца; Стабильная конкуренция зарубежных, аналоговых продуктов; Экономическая ситуация в стране, способствующая закрытию предприятий по производству шкафов.</p>	<p>Сильные стороны и угрозы: Удовлетворение желаний потребителя может привести к дополнительной государственной сертификации, по которой шкаф может получить дополнительные средства на совершенствование старых технологий; Обладая долгим сроком службы и высокой чувствительностью к авариям, шкаф затмевает зарубежных конкурентов.</p>	<p>Слабые стороны и угрозы: Использование шкафов ШЭ 2607 на базе Windows 2000/XP приведёт к снижению спроса, и обеспечит конкурентам разработку зарубежных программ более высокого и современного класса; В виду того, что шкафы ШЭ 2607 обладают высокой стоимостью, плюс к этому требуются затраты на подключение отдельных цепей для измерительных трансформаторов.</p>

Таким образом в ходе SWOT-анализа были выявлены потенциальные внутренние и внешние сильные и слабые стороны проекта, а также их зависимости.

Из анализа видно, что потенциально сильные стороны проекта преобладают над слабыми сторонами. При этом слабые стороны

рассматриваемого шкафа защиты характерны для всего класса микропроцессорных устройств защиты в настоящий момент, что подтверждает целесообразность использования данного устройства в проекте.

3.3 Планирование научно-технического исследования

Для выполнения научных исследований сформирована рабочая группа, в состав которой входит руководитель и инженер. В нашем случае руководителем является Юдин С. М., а инженером Давыдов М. С.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Распределение исполнителей и этапы выполняемых работ

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Проведение теоретических расчетов и обоснований	5	Анализ исходных данных	Инженер
	6	Предварительный выбор защит	
	7	Расчет уставок защит	
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
Контроль и координирование проекта	9	Консультирование исполнителя и контроль качества выполнения проекта	Руководитель
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
Оформление комплекта документации по НИР	11	составление пояснительной записки	Инженер

3.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используем следующую формулу:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

Где

$t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i},$$

Где T_{p_i} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Рассчитанная ожидаемая трудоемкость каждой из работ по проектированию приведена в таблице 3.4.

3.5 Разработка графика проведения научного исследования

Для определения календарных дней выполнения работы необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ки} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

Где $T_{ки}$ — продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} — продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ — коэффициент календарности.

Для построения графика проектных работ необходимо рассчитать коэффициент календарности по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

Предполагается что и руководитель, и инженер работают по 5-дневной рабочей неделе. По производственному календарю на 2021 год суммарное количество выходных и праздничных дней составляет: при пятидневной рабочей неделе – 118 дней.

где $T_{кал}$ – число календарных дней в году;

$T_{вых}$ – число выходных дней в году;

$T_{пр}$ – число праздничных дней в году.

Таблица 3.4 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительно сть работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , человек о-дни		t_{max} , человек о-дни		$t_{ожс}$, человеко- дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление и утверждение технического задания	2	0	4	0	2,8	0	2,8	0	3	0
Подбор и изучение необходимых материалов	0	8	0	12	0	9,6	0	9,6	0	14
Выбор направления исследований	2	2	3	3	2,4	2,4	1,2	1,2	1	1
Планирование работ по теме	1	0	2	0	1,4	0	1,4	0	2	0
Анализ исходных данных	0	5	0	8	0	6	0	6	0	8
Предварительный выбор защит	0	5	0	8	0	5	0	5	0	7
Расчет уставок защит	0	20	0	29	0	25	0	25	0	37
Оценка эффективности полученных результатов	0	4	0	6	0	4,8	0	4,8	0	7
Консультирование исполнителя и контроль качества выполнения проекта	8	0	10	0	8,8	0	8,8	0	13	0
Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	0	6	0	8	0	6,8	0	6,8	0	10
Составление пояснительной записки	0	7	0	10	0	8,2	0	8,2	0	12
Итого	13	57	19	86	11	74	9,2	71,7	12	86

На основании полученных данных из таблицы 3.4 построим график Ганта, представленный на рисунке 3.1.

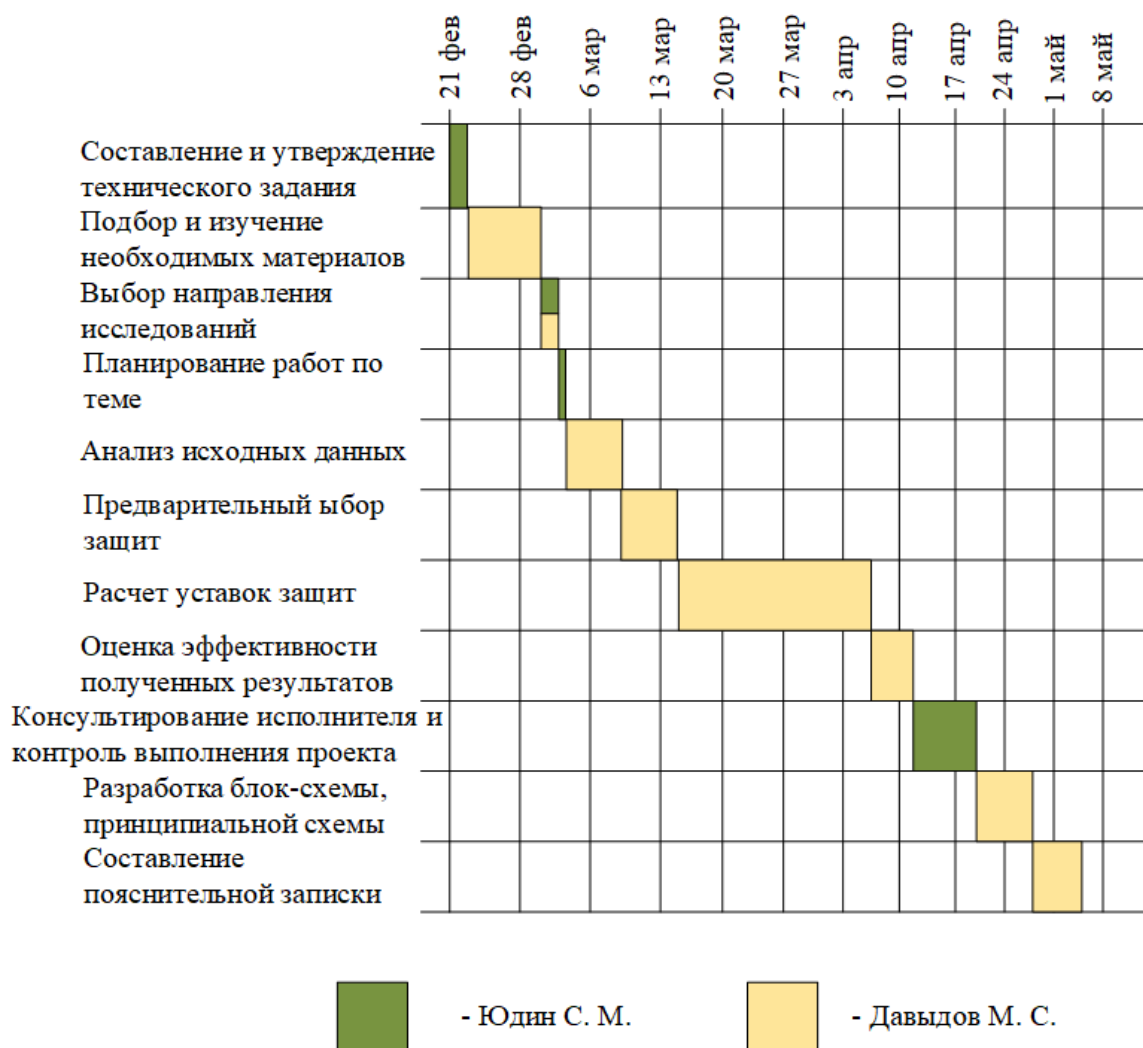


Рисунок 3.1 – График Гантта

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. Был построен график Гантта, наглядно иллюстрирующий этапы выполнения проекта участниками. Итого, в календарных днях длительность работ руководителя проекта равняется 13 дней, а инженера 57 дней.

3.6 Определение бюджета проекта

В процессе планирования бюджета проекта необходимо обеспечить полное и достоверное отражение всех видов расходов, которые связаны с его выполнением. Ниже представлена группировка затрат по статьям расходов, используемая при формировании бюджета проекта:

– материальные затраты проекта;

- амортизационные отчисления;
- заработная плата участников;
- дополнительная заработная плата участников;
- страховые отчисления;
- накладные расходы.

Расчет материальных затрат на разработку проекта

Стоимость материалов, используемых при разработке данного проекта, приведена в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – материальные затраты на разработку проекта

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, ($З_m$), руб.
Комплект канцелярских принадлежностей	штук	1	650	650
Бумага для принтера	упаковка	1	282	282
Скоросшиватель	штук	1	63	63
Тетрадь 96 листов	штук	1	80	80
Итого:				1075

Исходя из данных, представленных в таблице 3.5, материальные затраты на выполнение проекта составили 1075 рублей.

Амортизационные отчисления

В данную статью не включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по

действующим прејскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Стоимость оборудования заносится в таблицу 3.6.

Таблица 3.6—Стоимость оборудования и ПО

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во оборудования, ед	Стоимость ед. оборудования, руб.	Амортизация, руб.
1	Программный ресурс АРМ СРЗА	1	681400	681400
2	Лицензия на программное обеспечение MicrosoftOffice	1	3600	3600
3	Персональный компьютер	1	25000	25000
4	Принтер	1	7100	7100
Итого				718000

В связи с длительностью использования, стоимость программного обеспечения учитывается с помощью амортизации, на остальное оборудование амортизация не начисляется, поскольку его стоимость менее 40 тыс.р.

$$A_i = \frac{S \cdot N}{H \cdot 365}$$

где: A_i – амортизационные отчисления;

S – стоимость оборудования и программного обеспечения;

N – количество дней использования в при проектировании;

H – предполагаемый срок службы оборудования и программного обеспечения.

Расчет показателей амортизации:

$$A_{\text{АРМ СРЗА}} = \frac{681400 \cdot 86}{10 \cdot 365} = 16054,9 \text{ руб.};$$

$$A_{\text{Office}} = \frac{3600 \cdot 86}{3 \cdot 365} = 282,7 \text{ руб.}$$

Таким образом были определены амортизационные отчисления на разработку проекта, которые составили 16337,6 руб.

Основная заработная плата исполнительской темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по проекту. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Заработная плата работников представляет собой сумму двух составляющих: основная и дополнительная заработная плата.

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада. Формула расчета заработной платы представлена ниже:

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}$$

где: $З_{\text{зп}}$ – заработная плата;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Расчет основной заработной платы выполняем по формуле, представленной ниже:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p$$

где: $З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Расчет среднедневной заработной платы выполняем по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где: $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

М – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб.дней М=10,4 месяца, 6-дневная неделя;

Г_д – действительный годовой фонд рабочего времени персонала, раб.Дн.

Таблица 3.7 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	
Количество нерабочих дней:		
- выходные и праздничные дни	118	
Потери рабочего времени:		
- отпуск, невыходы по болезни	52	
Действительный годовой фонд рабочего времени	195	

Зарплата работника за месяц рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}$$

где: $З_{\text{ТС}}$ – заработная плата за месяц по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{ТС}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равный 0,2;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

1) Расчёт заработной платы

$$З_{\text{м.рук}} = 22052 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 1,3 = 45868,16 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{м.исп}} = 7935 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 1,3 = 16505 \text{ руб.}$$

2) Расчет среднедневной заработной платы:

$$З_{\text{дн.рук}} = \frac{45868,16 \cdot 6,5}{195} = 1528,93 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{дн.исп}} = \frac{16505 \cdot 6,5}{195} = 550,2 \text{ руб.}$$

3) Расчёт основной заработной платы:

$$З_{\text{осн.рук}} = 1528,93 \cdot 13 = 19876,09 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{осн. исп}} = 550,2 \cdot 57 = 31361,4 \text{ руб.}$$

Результат расчетов представлен в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{ТС},$ руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	$З_m,$ руб.	$З_{дн},$ руб.	$T_p,$ раб. дн.	$З_{осн},$ руб.
Руководитель	22052	0,3	0,3	1,3	45868,16	1528,93	13	19876,09
Инженер	7935	0,3	0,3	1,3	16505	550,2	57	31361,4
Затраты по основной заработной плате, руб.	51237,49							

Дополнительная заработная плата исполнительской темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}$$

где: $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$$З_{Доп.рук} = k_{доп} \cdot З_{Осн} = 0,15 \cdot 19876,09 = 2981,41 \text{ руб.}$$

$$З_{Доп.исп} = k_{доп} \cdot З_{Осн} = 0,15 \cdot 31361,4 = 4704,21 \text{ руб.}$$

$$З_{Доп} = З_{Доп.рук} + З_{Доп.исп} = 2981,41 + 4704,21 = 7685,62 \text{ руб.}$$

Страховые отчисления

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Ставка отчислений во внебюджетные фонды для учреждений, осуществляющих научную и образовательную деятельность, на 2021 год составляет 30,2%.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб.}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}})$$

где: $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Расчет отчислений во внебюджетные фонды:

$$З_{\text{внеб. руковод.}} = 0,3 \cdot (19876,09 + 2981,41) = 6857,25 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{внеб. испол.}} = 0,3 \cdot (31361,4 + 4704,21) = 10819,68 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{внеб.}} = З_{\text{внеб. испол.}} + З_{\text{внеб. руковод.}} = 10819,68 + 6857,25 = 17676,93 \text{ руб.}$$

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты, не вошедшие в предыдущие статьи, такие как ксерокопирование и печать материалов исследования, размножение материалов, оплата электроэнергии, услуг связи, телеграфные, почтовые расходы и т.д.

Величина накладных расходов определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (З_{\text{аморт}} + З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + З_{\text{внеб.}}) \cdot k_{\text{нр}},$$

где: $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов принимается равной 20%.

$$З_{\text{накл}} = (16337,6 + 51237,49 + 7685,62 + 17676,93) \cdot 0,2 = 18587,53 \text{ руб.}$$

Формирование бюджета затрат проекта

Рассчитанная величина затрат работ по разработке проекта является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 3.9

Таблица 3.9 – Расчет бюджета затрат на разработку проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Материальные затраты	1075,00	0,95
2. Амортизация оборудования и программных комплексов	16337,6	14,5
3. Затраты по основной заработной плате	51237,49	45,5
4. Затраты по дополнительной заработной плате	7685,62	6,8
5. Отчисления во внебюджетные фонды	17676,93	15,75
6. Накладные расходы	18587,53	16,5
Бюджет затрат проекта	112600,17	100

Таким образом были определены затраты на разработку проекта, сумма необходимая на его реализация составляет 112600,17 рублей.

Основные расходы пришлось на статью затрат по заработной плате сотрудников – 45,5 % от общего бюджета проекта.

3.7 Ресурсоэффективность

С помощью интегрального критерия ресурсоэффективности определим ресурсоэффективность автоматизированной системы. Формула для его определения имеет следующий вид:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – балльная оценка проекта, устанавливается экспериментальным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 3.10 – Оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Безопасность	0,25	5
2. Надежность	0,3	5
3. Удобство в эксплуатации	0,15	4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,20	4
5. Ремонтопригодность	0,10	3
Итого:	1,00	4,4

Для разрабатываемого проекта интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = 0,25 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,20 \cdot 4 + 0,10 \cdot 3 = 4,45.$$

Полученное значение интегрального показателя свидетельствует о достаточно хорошей эффективности реализации технического проекта.

Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент» был выполнен анализ конкурентоспособности. В ходе проведения данного анализа было выявлено, что шкафа типа ШЭ 2607 имеет преимущество над аналогами, в связи с чем проектирование защиты с использованием шкафа данного типа является эффективным.

2. Проведён SWOT-анализ проекта, в ходе которого были выявлены потенциальные внутренние и внешние сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. Из анализа выяснили, что потенциальных сильных сторон у проекта больше, чем слабостей, что свидетельствует об перспективности разработок проекта.

3. Также установлено, что в календарных днях длительность работ для руководителя составляет 13 дней, а для инженера – 57 дней. На основе временных показателей по каждой из произведенных работ был построен календарный план-график, по которому можно увидеть, что самая продолжительная по времени работа – это расчет уставок защит.

После формирования бюджета затрат на проектирование суммарные капиталовложения составили 112600,17 рублей.

Также были определены показатели ресурсоэффективности, значения которых свидетельствуют о достаточно высокой эффективности реализации технического проекта.

4. Таким образом, капиталовложения в размере 112600,17 рублей позволят реализовать разработанный проект по расчёту релейной защиты и автоматики линии 220кВ ПС «Томская» – ПС «Восточная» Забайкальской энергосистемы. Установка релейной защиты и автоматики на данной линии позволит выявлять ненормальные режимы работы энергосистемы и предотвращать повреждение элементов.

5. Также был определен интегральный показатель ресурсоэффективности, равный 4,4, такое значение свидетельствуют о достаточно высокой эффективности реализации технического проекта.

6. Таким образом, капиталовложения в размере 112600,17 рублей позволят реализовать разработанный проект по реконструкции релейной защиты линии 220 кВ Томская-500 – Восточная Томской энергосистемы. Установка устройств релейной защиты и автоматики на данной линии позволит выявлять ненормальные режимы работы энергосистемы, а также предотвращать и ликвидировать аварийные ситуации.